Actes du congrès de l'Actualité de la recherche en éducation et en formation (AREF), Université de Genève, septembre 2010

DE LA CONCEPTION A L'USAGE DES INSTRUMENTS POUR LA FORMATION.

Raquel Becerril Ortega

Université de Lille 1- CUEEP
Laboratoire Trigone-Cirel
Cité Scientifique Villeneuve d'Ascq
raquel.becerril@univ-lille1.fr

Mots-clés : *Genèse instrumentale, simulateur, formation*

Résumé *Cet article propose l'étude a posteriori d'un processus de conception institutionnelle d'un artefact pour la formation au travers de la théorie instrumentale.*
Nous analysons les moments d'instrumentalisation et d'instrumentation d'un simulateur conçu pour la formation des techniciens supérieurs. Lors de processus d'instrumentalisation nous questionnons le transfert entre l'espace professionnel et l'espace de la formation : quelle pertinence, quelle légitimité des situations transposées ? Cette analyse se poursuit dans l'usage, étudiée au moment de la formation, de l'instrumentation du simulateur par les acteurs de l'enseignement/apprentissage. Cette analyse révélatrice de la genèse instrumentale, permet de penser les instruments pour la formation selon une logique anthropocentrée.

---

1. Introduction

Nous allons aborder une spécificité du transfert entre l'espace professionnel et l'espace de la formation technologique supérieure. L'intérêt est porté sur le processus de conception et d'usage (qui constitue la poursuite de la conception) d'un simulateur de Machine Outil à Commande Numérique pour la formation des techniciens supérieurs. Cette étude du processus de transfert a été reconstitué a posteriori, ce qui nous a permis de l'inscrire dans le cadre de la théorie instrumentale et de dégager les aspects de genèse instrumentale et conceptuelle qui sont en jeu. Le simulateur a été conçu par des enseignants-chercheurs au sein d'une équipe de recherche technologique en enseignement (erte).
La première partie présente une articulation théorique entre l'approche anthropocentrique des techniques, la dialectique conception/usage et l'analyse du transfert permettant d'observer le processus dialectique de conception et d'usage à partir d'une optique d'émergence des savoirs et des situations d'enseignement/apprentissage.
La deuxième partie s'intéresse à la méthodologie mise en œuvre. Celle-ci est de type qualitative, d'une part parce que l'on s'intéresse à la conception d'*un* instrument pour la formation. D'autre part parce que *le nombre d'acteurs impliqués est réduit*. La méthodologie développée a pour ambition de devenir une démarche, permettant de penser le transfert des situations professionnelles en enseignement.
Tout d'abord cette démarche s'intéresse à l'analyse épistémologique des savoirs et/ou à l'analyse de l'activité professionnelle de référence. Nous montrerons que les instruments peuvent intégrer les deux cas de figure, tout dépend de la situation de formation visée.
Ensuite, cette démarche s'intéresse à l'artefact: quelles fonctions, représentations et écarts entre la situation de référence et celle présentée par le simulateur. C'est le processus d'instrumentalisation.
Enfin, cette démarche s'intéresse à l'instrumentation de l'artefact, ou ce qu'on appel la poursuite de la conception dans l'usage.

La troisième partie est relative aux résultats de cette recherche. Nous présentons l'étude de l'artefact en termes de transfert, inscrits dans les processus d'instrumentalisation et instrumentation qu'il a subi. Nous conclurons en inscrivant notre réflexion dans les genèses instrumentalee.

2. Cadre conceptuel

2.1 L'approche anthopocentrique des techniques

L'approche anthropocentrique des techniques s'inscrit dans la théorie instrumentale (Rabardel, 1995) et permet de fonder l'articulation et la continuité entre les processus institutionnels de conception des artefacts et la poursuite de la conception au sein des activités des usagers. Nous empruntons à la théorie instrumentale les notions d'artefact et d'instrument. La première désigne en anthropologie toute chose ayant subie une transformation d'origine humaine, même minime (Rabardel, 1995). L'instrument est une entité mixte qui comprend à la fois le sujet et l'artefact (Rabardel, 2005). Dans la conception des artefacts, Rabardel distingue le moment de l'instrumentalisation (dirigé vers l'artefact) du moment de l'instrumentation (relatif au sujet). Nous nous intéressons à ces deux moments, instrumentalisation et instrumentation, que nous considérons de manière dialectique, en termes d'opposition mais aussi de porosité.
D'abord en termes d'opposition, parce que dans cette continuité qui est l'usage, l'acteur ou les acteurs peuvent changer les schèmes prévus lors de l'instrumentalisation, pouvant même modifier sa nature. Par exemple, nous identifions dans nos analyses une logique de conception pleine échelle, selon laquelle le simulateur a pour fonction d'être un substitut du réel (Pastré, 2006). On pense que plus le simulateur est conforme au réel, plus l'apprentissage pratique sera facile et efficient. Cette conception de l'apprentissage est reproductive. Cette perspective de conception s'est avéré opposée à une perspective de fonctionnement, une instrumentation dans laquelle ces mêmes concepteurs sont des enseignants avec des apprenants en situation de formation. Ils ont ainsi utilisé le simulateur non comme un substitue du réel, mais dans le cadre d'une situation problème, et d'une conception de l'apprentissage de type constructiviste.
Pour illustrer cet exemple, nous trouvons la notion de catachrèse, inscrite dans ce que Rabardel appelle le dépassement de l'usage initialement prevu. La catachrèese serait relative à cette opposition, resistence et dépassement de l'usage prévu dans la relation dialectique.
Dans ce sens, nous pouvons affirmer que les catachrèses sont des indices que la communauté a dépassé l'utilisation initialement prévu ou selon Rabardel: « l'élaboration, la production d'usages se poursuivent au délà de la conception initiale comme production privée mais aussi sociale ».
Ensuite, pour analyser la porosité, nous empruntons la notion d'affordance. Les artefacts ne sont pas neutres, dès leur conception, ils portent déjà des affordances, des capacités à suggérer sa propre utilisation, qui vont avoir une influence sur l'utilisation de ces artefacts, sur son instrumentation. L'affordance serait là relative à cette porosité de la relation dialectique entre conception et usage d'instruments pour la formation.

2.2 Le processus de transfert : entre l'espace professionnel et l'espace de la formation

L'instrumentalisation de l'artefact, le simulateur de MOCN est effectué par les concepteurs en s'inspirant des machines présentes dans l'espace professionnel, selon une logique pleine échelle mentionnée auparavant. L'instrumentalisation permet donc d'analyser les processus institutionnels de création des artefacts. Nous analysons le transfert possible entre deux espaces : l'espace professionnel et l'espace de la formation. Dans notre cas, la distance entre ces deux espaces demeure courte: d'une part par les caractéristiques de la discipline (la construction de la technologie s'est fait en rapport avec le monde industriel) et d'autre part par le caractère professionnalisant de ces filières. Une deuxième raison de cette rapprochement se trouve dans la pertinence et la légitimité des situation de formation, qui vont se négocier par rapport aux pratiques professionnelles de référence efficaces (Rogalski et Samurçay, 1994)
Ainsi dans une première phase nous considérons le processus institutionnel de conception d'artefacts. Des savoirs sont modélisés par les concepteurs du simulateur. Le choix de ces savoirs,

et les transformations qu'ils subissent sont à la charge de ces enseignants-chercheurs. Ces objets de savoir relèvent du champ de pratiques:

1. La première référence, celle des savoirs modélisés à partir des concepts pragmatiques. Il s'agit du phénomène de dilatation de la broche pendant la phase d'usinage des pièces avec des MOCN.
2. La deuxième envisage l'étude des situations de travail, et les savoirs qui sont sousjacents, dans des pratiques efficaces.

Lors d'une deuxième phase nous analyserons le processus d'instrumentation de l'artefact, et les possibles catachrèses.

3. La démarche méthodologique

La méthodologie s'inspire fortement de ce cadre conceptuel. La démarche proposée permet à la fois de concevoir des nouveaux instruments et de les repenser (observer, évaluer, analyser) en situation de formation. Elle est est empruntée à la didactique professionnelle dans son projet d'ingénierie de formation, ou en paroles de Pastré « l'analyse du travail pour le développement des compétences professionnelles ». En s'articulant à la didactique des disciplines (qui se référent aux savoirs) cette démarche s'inscrit dans une perspective anthropocentrique, indispensable dans une visée de formation (par son caractère d'activité constructive, l'individu et son activité doivent être au centre de la réflexion dans la conception des artefacts pour la formation).
Cette méthodologie s'organise autour de trois moments:

1. L'analyse de la référence: en termes de pratiques mais aussi des savoirs
2. Le processus d'instrumentalisation: les concepteurs construisent l'artefact, le dotent de fonctionnalités
3. Le processus d'instrumentation: les usagers s'approprient l'artefact.

Ce premier moment d'analyse épistémologique de la référence s'est intéressé à deux situations, choisies en amont parce que constitutive des situations visées en formation. En premier lieu, la situation de réglage d'une MOCN qui est une activité procédurale. Cette caractéristique répond selon Pastré (2006) à une logique industrielle: le principe de l'économie cognitive du travail, selon lequel la résolution de problèmes est une activité coûteuse dont l'issue est incertaine. Ainsi selon Pastré « l'organisation du travail et même de la formation concourent à supprimer ces situations à problèmes, soit en organisant le travail autrement, soit en augmentant les compétences des acteurs ». En deuxième lieu, la situation de dilatation de la broche qui est un concept d'origine pragmatique qui a été formalisé en concept technique.
Après avoir analysé l'activité ou les activités de référence, nous analysons les fonctionnalités de ce simulateur, en les comparant avec la machine de l'atelier. Nous cherchons à identifier les écarts, nous interrogeons les concepteurs par rapport à ces choix et nous demandons à des experts de réaliser l'activité dans le simulateur, afin d'identifier les possibles schèmes d'usages.
Le simulateur est un artefact conçu pour la formation, son usage doit donc être étudié dans la situation d'enseignement/apprentissage, en présence de formateurs et d'apprenants.
Le recueil de données ainsi que la méthodologie d'analyse se sont inspirés de la didactique des disciplines. Nous avons confronté les échanges verbaux enseignant-apprenant avec les traces des actions de ces étudiants. Ce croisement de données a été extrêmement riche afin de determiner les genèses instrumentales qui ont lieu. Elles sont identifiées par le biais des obstacles à l'apprentissage et son origine (épistémologique ou didactique en référence à Brousseau) et par l'identification du rôle du simulateur dans la formation.
Les genèses conceptuelles sont relatives « au processus par lequel un acteur change le niveau d'élaboration des invariants qui guident son action pour l'adapter à des nouvelles circonstances dans lesquelles son action doit désormais s'inscrire » (Pastré, 2005, pp 238). C'est le cas au moment du passage des machines outils conventionnelles à machines outils à commande numérique : les opérateurs experts ont dû s'adapter à ce nouveau moyen de production industriel. Parallelement, nous avons identifié une genèse instrumentale : les constructeurs des machines à commande numérique, vont instrumentaliser ce nouveau artefact afin de l'adapter aux compétences

des anciens opérateurs. Ce mouvement, en empêchant l'apparition des nouvelles compétences a pu freiner l'apparition des nouveaux schèmes d'action.

4. Etude de l'instrumentalisation de l'artefact

4.1 Instrumentalisation du simulateur pour le réglage d'une MOCN

A partir de l'analyse de la procédure de réglage d'une machine MOCN réalisée en utilisant les différentes sources, nous avons identifié neuf notions et deux procédures qui ne partagent pas le même statut dans l'activité : La notion de réglage consiste à situer, le repère de l'utilisateur par rapport au repère de la machine. Les notions que nous considérons comme préalables: le langage de programmation CN et la norme ISO. Les différentes types d'origines présentes dans la machine: origine machine, origine pièce, mesure, programme. Les vecteurs: prise de référence (PREF) et décalage (DEC) qui permettent de situer relativement les repères. Afin les procédures: prise d'origine machine (POM) et prise de référence (PREF) qui permettent de calculer ces vecteurs
Les procédures consistent une fois avoir allumée la machine:

1. Il faut faire les origines, en utilisant les lignes de programme CN (différentes fonctions G0, G52, etc): c'est la prise d'origine machine POM
2. Il faut faire l'origine pièce, si elles ne sont pas encore faites, à l'aide d'un palpeur. Cela permet de calculer le vecteur PREF dans chacun des axes de la machine.

Nous allons analyser l'instrumentalisation du simulateur pour cette activité en nous appuyant d'abord sur l'idée d'une conception pleine échelle du simulateur qui a été exprimé par les concepteurs. Ensuite nous aborderons l'analyse proprement dit, en identifiant les changements que le simulateur provoque, autres les changements d'ordre matériel (taille, bruit, odeur, etc).
Les schèmes d'utilisation sont imposés non pas par les concepteurs du simulateur mais par les concepteurs de la machine. Les machines MOCN sont conçues par des entreprises qui fournisent son propre manuel d'utilisation. Nous pouvons affirmer que le principe générale est constante à toutes les machines outils à commande numérique indépendamment de la marque: il faut situer le repère de l'utilisateur par rapport au repère de la machine. Cependant, la procédure pour effectuer ce réglage change en fonction de la marque, les schèmes d'utilisation sont quelque peu imposés. Ainsi, quand on discute dans le contexte professionnel aux opérateurs usineurs, ils sont souvent très attachés à uné ou deux machines, sur lesquelles ils *aiment* travailler.
Quant on analyse les fonctionnalités du simulateur, lors de sa construction, on constate qu'un type de machine (de la marque NUM) a inspiré toutes les fonctionnalités, de manière que même le cahier de Travaux Pratiques fourni aux étudiants, présente beaucoup de vraisemblances envers le manuel de la machine. Cependant, les concepteurs du simulateur ont eu l'ambition d'ouvrir les schèmes d'utilisation du simulateur en le dotant de ce qu'ils appellent de fonctionnalités plus générales, et en se éloignant du rêve de la pleine échelle. Cette manœuvre s'inscrit dans son projet de formation, qui permet aux apprenants de se professionnaliser (parce qu'ils pourront travailler avec cette machine là) et au même temps d'avoir accès à une généralisation dans l'emploi des technologies (c'est à dire pouvoir passer d'une machine à une autre, au sens de la marque.

4.2 Instrumentalisation du simulateur pour exemplifier le phénomène de dilatation de la broche

La dilatation de la broche est un concept qui a un statut différent en fonction des acteurs du contexte professionnel. Pour les opérateurs sur la MOCN, la dilatation de la broche est un concept pragmatique: parce qu'il a été crée dans l'action, permet de l'orienter et a une dimension sociale (Pastré, 1995). Le phénomène de dilatation de la broche est une conséquence des effets thérmiques lors de la phase d'usinage des pièces. L'opérateur sur machine identifie une dérive dans la cote par une variation dans la profondeur d'usinage. La stratégie de compensation consiste à réguler l'enlèvement de matière dans l'axe Z. Ce concept est ainsi identifié comme un organisateur de

l'activité de l'opérateur et il possède une dimension sociale partagée par les différents acteurs de l'atelier.
Ce phénomène a été instrumenté par les concepteurs du simulateur, qui l'on intégré. Or, cette fois ci, l'instrumentalisation de l'artefact s'est fait différemment. Le phénomène de dilatation de la broche est modélisée comme étant une représentation finalisée et le simulateur joue le rôle de support pour visionner un film qui montre l'usinage d'une pièce et les effets de la chaleur sur la pièce.
La première conséquence de cette instrumentalisation est le détournement de l'usage de l'artefact prévu initialement par les concepteurs. La deuxième conséquence concerne les savoirs en jeu : le phénomène est annoncé comme étant la dilatation de la broche, le savoir de référence, celui qui est montré dans le film n'est plus une broche qui se dilate, donc qui augmente de taille, mais les effets de cette dilatation sur la pièce usinée.

5. Etude de l'instrumentation de l'artefact

Ce moment analyse l'instrumentation du simulateur en situation de formation par les enseignants et les étudiants. Nous avons analysé deux séances de formation. Lors de ces séances, le même enseignant, qui est aussi le concepteur du simulateur, intervient.
Lors première séance les étudiants ont une expérience sur les machines outils à commande numérique : ils possèdent un diplôme BTS et ils ont effectué un stage ouvrier dans ce domaine. La séance se déroule dans la salle informatique, dure 4 heures et les étudiants travaillent chacun sur un poste informatique.
Lors de la deuxième séance les étudiants sont néophytes quant à l'utilisation des MOCN. Ils travaillent en groupe face aux simulateur situés au milieu de l'atelier, entourés de machines.
Concernant la coactivité entre l'enseignant et les étudiants, nous avons centré notre attention sur deux aspects:

1. Les obstacles et sa gestion
2. Le rôle du simulateur

L'activité analysée est le réglage dans le simulateur en mode fraisage et puis en mode tournage, puisque l'activité de dilatation de la broche, étant programmée comme un film, laisse peu de place à une activité de l'apprenant.

5.1 La première séance

Dans le premier groupe, les obstacles se répètent et parfois se transfèrent d'une situation (mode fraisage) à une autre (mode tournage).
Nous avons identifié des obstacles didactiques au niveau de l'apprentissage de la machine outil, comme le cas, propre à la commande numérique, constitué par la fonction G52 qui permet un mouvement de la machine. A notre avis, dans une logique pleine échelle qui cherche à former par exemple à ce type de machine, les apprenants doivent être confrontés à ce type d'obstacles mais peut être doivent-ils être repensés pour d'autres instrumentalisations. Cette analyse permet d'intérroger les modes de tranfert d'activités entre l'espace professionnel et l'espace de la formation : la fidelité dans l'activité est elle toujours nécessaire ? Permet-elle l'acquisition des compétences critiques ou la professionnalisation des apprenants pour une seule type de machine, de la marque NUM?

Nous avons aussi identifié des obstacles didactiques autour du simulateur, par exemple la fermeture de la porte. C'est un obstacle que nous n'avons jamais observé chez les apprenants travaillant face à une machine dans l'atelier. Dans la conception d'instruments pour la formation, il est important d'identifier ce type d'obstacles afin d'améliorer l'artefact, dans un processus d'évaluation de l'artefact en situation de formation, c'est-à-dire, dans l'usage.
Nous nous intéressons ensuite à la relation entre la tâche prescrite (celle que nous avions modélisée à partir de l'activité des experts sur le simulateur) et l'activité des étudiants en relation avec la présence et l'absence d'obstacles.

Un exemple concerne un étudiant de ce groupe d'experts qui est en échec: il n'arrive pas à effectuer le réglage et à calculer les vecteurs PREF. L'enseignant l'aide d'abord, puis prend en charge la procédure (il est en surplomb). Au bout d'un moment nous les observateurs on a l'impression de par les échanges verbaux qui ont lieu que l'étudiant a parvenu à régler la machine. Cependant, l'analyse des traces révèle toute autre chose: l'apprenant a donc pu comprendre le calcul des vecteurs, il ne sait pas effectuer un réglage sur la machine.
Cet exemple montre comment l'analyse de traces, inscrites dans la situation, croisées aux moments des interactions verbales ont proportionné des données supplémentaires: nous sommes parvenus à réproduire partiellement le cheminement cognitif de chaque étudiant, notamment en termes d'obstacles, moment dans lequel les difficultés sont exprimés, les échanges verbaux ont lieu. Cependant, nous voyons aussi les limites de cette méthodologie: les traces n'ont pas permis de désigner le modèle opératif des étudiants, comme il était prévu au départ.

La deuxième idée concerne l'apparition des nouveaux schèmes dans l'usage:
La situation concerne la gestion de la butée électrique. Cette situation de dysfonctionnement consiste à atteindre le maximum de course dans un des axes de la machine. La machine s'arrête afin d'éviter que les éléments mobiles sortent de la machine (butée). La puissance se coupe. L'apprenant propose une solution de retrait de la broche, qui relève du contexte professionnel (dont il est expert). En revanche, l'enseignant lui propose une solution adaptée aux schèmes d'usage du simulateur et qui consiste à arrêter la machine. L'apprenant vient d'élargir les schèmes d'usage de cet instrument. Cette situation n'est pas une catachrèse parce qu'il s'est inspiré du fonctionnement réel de la machine, mais elle bouleverse les modes d'usage prévus par les concepteurs du simulateur.

5.2 La deuxième séance

Dans cette situation, le rôle du cahier de Travaux Pratiques est important, notamment dû à la faible présence d'obstacles didactiques; En effet, le fait que les étudiants suivent pas à pas la procédure dictée par le cahier de TP les éloigne des difficultés, mais aussi de l'apprentissage. Les apprentis sont repartis en deux groupes de travail: un de ces groupes, utilise le simulateur comme un jeu, et l'autre, comme n'importe quel artefact que l'on installé avec un manuel. En aucun cas le simulateur est perçu comme étant une machine outil à commande numérique.

6. Eléments de conclusion

L'analyse de la genèse instrumentale, à partir de l'instrumentalisation et l'instrumentation d'un simulateur pour la formation a permis d'analyser les processus de conception institutionnelle des artefacts. Nous avons identifié trois aspects principaux :
Le premier aspect est relatif au *détournement*: qui consiste par exemple, à utiliser le simulateur comme une vidéo et qui a été identifié lors de la conception.
Le deuxième aspect concerne la *flexibilité* d'élargir les schèmes d'utilisation (à une machine de type NUM on la dote de fonctionnalités générales -c'est une transposition matérielle qui s'inscrit dans un projet de formation).
Enfin, le troisième aspect de cette genèse instrumentale porte sur l'apparition des nouveaux usages, en situation de formation : un étudiant qui possède de l'expérience découvre d'autres utilisations qui n'étaient pas prévues par le concepteur, qui s'étonne.
Quant au rôle différentié du simulateur dans les deux séances de formation, expérimentés versus apprentis, nous notons aussi un détournement dans l'usage, qui va dans le sens du rôle épistémique de l'instrument dans la formation et d'emblée de son instrumentalisation. En effet, dans cette coactivité, le rôle du simulateur change, Dans le premier cas, face aux groupes d'expérimentés, le simulateur est situé entre la coactivité enseignant-apprenant et le savoir. Son rôle est de médiation, le savoir étant le réglage il permet d'y accéder. Dans le deuxième cas, il y a une traslation quant au rôle du simulateur dans la coactivité, il devient l'objet de savoir lui même, parce qu'il est porteur du sens dans l'activité des étudiants. L'objectif n'est plus le réglage mais la manip dans le simulateur.

Dans l'instrumentalisation de l'artefact, nous avons aussi presenté une analyse critique dans le processus de transfert entre l'espace professionnel (contexte industriel) et l'espace de la formation (technologique supérieure). On s'interroge sur la pertinence de certaines obstacles didactiques, inspirés de l'espace professionnel, dans le processus d'apprentissages avec un simulateur. L'analyse de la genèse instrumentale permet d'inscrire la conception d'instruments pour la formation selon une logique anthopocentrée.

7. Références et bibliographie

Becerril, R. (2008). Contexte professionnel, contexte de la formation technologique supérieure: approche didactique. *Thèse non publiée* sous la direction de B. Fraysse et B. Calmettes. Université Toulouse III.

Pastré, P. (2005). Genèse et identité. In P.Rabardel & P.Pastré (dir). *Modèles du sujet pour la conception*. Toulouse : Octares. 231-260

Rabardel, P. (1995). Les hommes et les technologies : une approche cognitive des instruments contemporaines. Paris : université Paris 8.

Rabardel, P. (2005). Instrument subjectif et développement du pouvoir agir. In P.Rabardel & P.Pastré (dir). *Modèles du sujet pour la conception*. Toulouse : Octares. 13-29